

①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ Off nlegungsschrift
⑩ DE 196 02 994 A 1

⑤1 Int. Cl.⁶:
B 62 D 37/00
B 60 K 28/16
G 01 P 3/44
G 01 P 15/00
G 01 P 21/00
B 60 T 8/88

②1 Aktenzeichen: 196 02 994.5
②2 Anmeldetag: 27. 1. 96
④3 Offenlegungstag: 31. 7. 97

DE 196 02 994 A 1

⑦1 Anmelder:
ITT Automotive Europe GmbH, 60488 Frankfurt, DE

⑦2 Erfinder:
Guo, Limin, Dr., 60489 Frankfurt, DE; Herbst, Ralf,
56355 Nastätten, DE

⑤6 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit
in Betracht zu ziehende Druckschriften:

DE 44 36 162 C1
DE 43 25 413 C2
DE 43 38 073 A1
DE 43 14 827 A1
DE 42 26 749 A1
DE 42 16 301 A1
DE 41 40 239 A1
DE 41 22 484 A1
DE 41 21 954 A1
DE 41 14 047 A1
DE 41 11 614 A1
DE 39 19 347 A1

DE 37 39 558 A1
GB 22 83 822 A
EP 03 92 165 A1
EP 03 87 384 A1

JP 62-255871 A., In: Patents Abstracts of Japan,
P-693, April 22, 1988, Vol. 12, No. 133;

⑤4 Verfahren zur Bestimmung von Größen, die das Fahrverhalten eines Fahrzeugs beschreiben

⑤7 Um das Signal eines Gierratensensors und/oder eines
Querbeschleunigungsmessers zu erfassen, wird erfindungs-
gemäß vorgeschlagen, die Raddrehzahlen jeweils eines
auszuwählenden Radpaares zur Berechnung der Gierwinkel-
geschwindigkeit und/oder der Querbeschleunigung eines
Fahrzeugs heranzuziehen. Dabei ist das Radpaar so auszu-
wählen, daß es jeweils ein Rad der linken Fahrzeugseite und
der rechten Fahrzeugseite aufweist und diese Räder sich
nicht in übermäßigem Schlupf befinden.

DE 196 02 994 A 1

BEST AVAILABLE COPY

Beschreibung

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Bestimmung von Größen, die das Fahrverhalten eines vierradrigen Fahrzeugs beschreiben gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

Neben passiven Sicherheitssystemen wie z. B. Sicherheitsgurten, Airbags, Knautschzone und Seitenaufprallschutz weisen Serienfahrzeuge mittlerer und höherer Preisklassen zunehmend auch Systeme zur Erhöhung der aktiven Sicherheit auf. D rartige Systeme stellen beispielsweise Antiblockiersysteme, Systeme zur Antriebs-schlupfregelung und neuerdings auch Systeme zur Giermomentenregelung beim Durchfahren einer Kurve dar. Systeme zur Erhöhung der aktiven Sicherheit erfordern neben einem elektronischen Regler, der Vorgaben zum Eingriff beispielsweise in das Bremssystem liefert, auch zusätzliche Komponenten im Fahrzeug, welche die Erfassung des Fahrzustands einerseits und einen Regeleingriff andererseits ermöglichen. Insbesondere die zusätzlichen Fahrzeugkomponenten, beispielsweise komplizierte Sensoren zur Erfassung der Gierwinkelgeschwindigkeit oder der Fahrzeugquerbeschleunigung verteuern Systeme zur Erhöhung der aktiven Sicherheit erheblich. Die Verbilligung von derartigen Systemen ist daher ein wichtiges Entwicklungsziel. Hierzu gehört beispielsweise, daß Zustandsgrößen, die nur durch teure Sensoren gemessen werden können, durch Signale preiswerterer oder ohnehin vorhandener Sensoren nachgebildet werden sollen.

In der DE 42 16 301 A1 ist daher ein Verfahren der eingangs genannten Art vorgeschlagen worden, welches den Einbau eines Gierratensensors zur Bestimmung der Gierwinkelgeschwindigkeit eines Fahrzeugs, also der Winkelgeschwindigkeit um die Hochachse des Fahrzeugs, überflüssig machen soll. Anstelle eines Gierratensensors werden zwei axial versetzte Querbeschleunigungssensoren in das Fahrzeug eingesetzt, aus deren Signalen sich Werte fuhr die vordere und die hintere Querbeschleunigung des Fahrzeugs ergeben. Ohne Berücksichtigung einer Wankbewegung ist damit auf einfache Weise die Bestimmung der Gierwinkelbeschleunigung sowie der Fahrzeugquerbeschleunigung möglich. Wird auch das Wanken des Fahrzeugs in einer Kurve berücksichtigt, kompliziert sich die ganze Rechnung, führt aber schließlich auch zum Ergebnis.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein Verfahren anzugeben, welches eine weitere Reduzierung der Sensorik am Fahrzeug erlaubt und somit die Möglichkeit schafft, Systeme zur Erhöhung der aktiven Sicherheit, insbesondere zur Giermomentenregelung, preiswerter zu machen.

Diese Aufgabe wird gelöst in Verbindung mit den kennzeichnenden Merkmalen des Anspruchs 1. Das Prinzip der vorliegenden Erfindung besteht also darin, sogar Querbeschleunigungssensoren entbehrlich zu machen, indem die unterschiedlichen Raddrehzahlen zweier auf je einer Fahrzeugseite angeordneter Räder ausgewertet werden. Die Auswahl dieser Räder soll allerdings an bestimmte Kriterien gebunden sein, wobei es wichtig ist, daß die ausgewählten Räder sich nicht in übermäßigem Schlupf befinden.

Es hat schon Bestrebungen gegeben, Querbeschleunigungssensoren zu ersetzen, indem die Raddrehzahlen entweder der beiden Vorderräder oder der beiden Hinterräder ausgewertet wurden. Dabei hat sich aber gezeigt, daß die angewandten Rechenverfahren nur dann die Realität widerspiegeln, wenn sich beide Räder in einem stabilen Fahrzustand, also ohne überhöhten Schlupf befinden. Bei einer starren Vorgabe eines Radpaares ist es allerdings relativ häufig der Fall, daß eines der Räder einer Schlupfregelung unterzogen werden muß. Für diesen Fall würde ein solches Verfahren zur Bestimmung von Fahrzuständen nur fehlerhaft arbeiten.

Bei der vorliegenden Erfindung besteht dagegen die Möglichkeit, aus vier verschiedenen Radpaaren zwei passende Räder zur Auswertung ihrer Raddrehzahlen heranzuziehen. Die Radpaare sind also entweder die beiden Räder der Vorderachse, die beiden Räder der Hinterachse oder jeweils diagonal gegenüberliegende Räder der Vorder- und Hinterachse. Auch während einer Schlupfregelung ist im Regelfall mindestens eines der vier genannten Radpaare von der Regelung nicht betroffen. Das bedeutet, daß die Nachbildung einer Gierwinkelgeschwindigkeit und/oder einer Querbeschleunigung auch bei instabilen Fahrzuständen mit Erfolg verbunden ist, wenn alle vier Raddrehzahlen zur Auswahl stehen, um aus diesen zwei auszuwählen.

Allerdings sollte aus Sicherheitsgründen noch geprüft werden, ob bei Auswahl eines bestimmten Radpaares die Signale der Radsensoren auch zuverlässig sind. Werden die Raddrehzahlen zur Nachbildung von Gierwinkelgeschwindigkeit und/oder Querbeschleunigung verwendet, so muß zunächst geprüft werden, ob beispielsweise gerade eine Extrapolation der Radgeschwindigkeiten ausgeführt wird oder ob eine Schätzung zur Kalibrierung der Radgeschwindigkeiten noch nicht beendet ist. Für den Fall, daß die Radgeschwindigkeiten anhand der Raddrehzahlen zuverlässig bestimmbar sind, lassen sich die nachzubildenden Größen dann mittels dieser Radgeschwindigkeiten berechnen.

Außerdem ist selbstverständlich zu prüfen, ob die einzelnen Radsensoren intakt sind. Ist dies nicht der Fall, so ist ein anderes Radpaar auszuwählen.

Weist das Fahrzeug ohnehin ein Antiblockiersystem auf, welches die Signale der Radsensoren auswertet und welches die Funktionstüchtigkeit der Radsensoren überprüft, so läßt sich ein defekter Radsensor am besten durch die sogenannten Fehlerflags des Antiblockiersystems erkennen.

Sollte es zu einem Zeitpunkt doch einmal passieren, daß keine zwei auf unterschiedlichen Fahrzeugseiten angeordneten Räder sich im stabilen Fahrzustand befinden und intakte Radsensoren aufweisen, so kann die momentane Raddrehzahl bzw. Radgeschwindigkeit durch Extrapolation oder durch Konstantsetzen eines zuvor gemessenen Wertes ersetzt werden.

Anhängend ist eine Tabelle abgebildet, welche Berechnungsformeln für die Gierwinkelgeschwindigkeit $\dot{\psi}$ und die Querbeschleunigung a_q des Fahrzeugs angibt, je nachdem, welches Radpaar zur Berechnung dieser beiden Größen ausgewählt wurde. Es bezeichnen dabei:

$\dot{\psi}$ Gierwinkelgeschwindigkeit

a_q Querbeschleunigung

v_{vr} Radgeschwindigkeit vorne rechts

BEST AVAILABLE COPY

v_{vl} Radgeschwindigkeit vorne links
 v_{hr} Radgeschwindigkeit hinten rechts
 v_{hl} Radgeschwindigkeit hinten links
 S Spurweite des Fahrzeugs

Normalerweise ist in einem Berechnungszyklus mindestens eine der in der Tabelle aufgelisteten Situationen gültig, so daß ein Radpaar zur Berechnung der Größen gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren herangezogen werden kann. Es kann jedoch vorkommen, daß alle oder zumindest drei Räder entweder im Schlupf sind oder ihre Fehlerflags gesetzt sind. In dieser Situation können die Größen Querbesehleunigung und Gierwinkelgeschwindigkeit nicht mehr ohne weiteres nach der in der Tabelle angegebenen Formel berechnet werden.

Eine Lösung dafür ist, daß die Signale in einem solchen Zyklus den vorherigen Wert annehmen und konstant bleiben. Die Dauer dieser Situation ist normalerweise sehr kurz. Dauert eine solche Situation jedoch länger an, so bedeutet das, daß das Fahrzeug in ein hochdynamisches, mathematisch kaum beschreibbares Verhalten geraten ist, welches sich auch durch eine Giermomentenregelung mittels Bremseneingriffs aller Wahrscheinlichkeit nicht beheben läßt.

Es ist aber auch möglich, die momentane Radgeschwindigkeit bei Fehlen eines Radsensorsignals mit Hilfe der Fahrzeuglängsbeschleunigung zu extrapolieren:

$$v_{vr}(i+1) = v_{vr}(i) + a_{fzg} t_0$$

$$v_{vl}(i+1) = v_{vl}(i) + a_{fzg} t_0$$

$$v_{hr}(i+1) = v_{hr}(i) + a_{fzg} t_0$$

$$v_{hl}(i+1) = v_{hl}(i) + a_{fzg} t_0$$

Hierbei ist:

v_{xx} Referenzgeschwindigkeit für Rad xx

a_{fzg} Fahrzeuglängsbeschleunigung

t_0 Zeitintervall zwischen Extrapolationszyklen

i Laufindex der Extrapolationszyklen

Bei einer solchen Extrapolation der momentanen Raddrehzahlen kann allerdings die verzögerte Erkennung eines Radschlupfes zur Ungenauigkeit der Anfangswerte führen. Hierdurch ergibt sich dann ein konstanter additiver Fehler bei der Berechnung der momentanen Raddrehzahl, welcher sich auch nicht durch eine Tiefpaßfilterung minimieren läßt.

Anders dagegen verhält es sich bei verzögerter Erkennung eines Radschlupfes, wenn sich mindestens ein Radpaar finden läßt, welches sich in stabilen Fahrzuständen befindet. Dann tritt lediglich ein kurzzeitiger Fehler auf, der beim nächsten Rechendurchlauf behoben wird. Solche Fehler können dann auch durch den Einsatz eines Tiefpaßfilters minimiert werden.

Das erfindungsgemäße Verfahren wurde mit Hilfe von Daten aus Fahrversuchen untersucht und mit solchen Verfahren verglichen, die die Gierwinkelgeschwindigkeit bzw. die Querbesehleunigung durch gegenseitige Nachbildung der beiden Größen gewinnen oder diese Größen anhand des Lenkwinkels am Vorderrad nachbilden oder aber durch die Radgeschwindigkeiten festgelegter Radpaare, beispielsweise der Vorderachse oder der Hinterachse.

Im Vergleich zu diesen anderen Methoden liefert das erfindungsgemäße Verfahren besonders im Verlauf einer Giermomentenregelung wesentlich bessere Ergebnisse, da sich das erfindungsgemäße Verfahren auch bei dynamischen Fahrzuständen anwenden läßt, sofern sich nur mindestens zwei Räder unterhalb einer bestimmten Schlupfschwelle befinden. Bei stationären Fahrzuständen sind die Ergebnisse zumindest ungefiltert aufgrund des Signalrauschens der Radsensoren zunächst nicht so gut wie bei den zuvor genannten Verfahren, die die Gierwinkelgeschwindigkeit und/oder die Querbesehleunigung mittels anderer Signale nachbilden. Das Rauschen kann aber auf einfache Weise durch eine Tiefpaßfilterung beseitigt werden und wirkt sich infolge dann nicht mehr störend aus.

AVAILABLE COPY

Tabelle: Gültigkeitstabelle für die Nachbildung der Signale		
Wenn	dann	
5 10 die vorderen zwei Räder nicht in zu großem Schlupf und ihre Fehlerflags nicht gesetzt sind,	$\dot{\Psi} = \frac{V_{vr} - V_{vl}}{S}$	$a_q = \frac{V_{vr}^2 - V_{vl}^2}{2S}$
15 20 die hinteren zwei Räder nicht in zu großem Schlupf und ihre Fehlerflags nicht gesetzt sind,	$\dot{\Psi} = \frac{V_{hr} - V_{hl}}{S}$	$a_q = \frac{V_{hr}^2 - V_{hl}^2}{2S}$
25 das Rad hinten rechts und das Rad vorne links nicht in zu großem Schlupf und ihre Fehlerflags nicht gesetzt sind,	$\dot{\Psi} = \frac{V_{hr} - V_{vl}}{S}$	$a_q = \frac{V_{hr}^2 - V_{vl}^2}{2S}$
30 35 das Rad vorne rechts und das Rad hinten links nicht in zu großem Schlupf und ihre Fehlerflags nicht gesetzt sind,	$\dot{\Psi} = \frac{V_{vr} - V_{hl}}{S}$	$a_q = \frac{V_{vr}^2 - V_{hl}^2}{2S}$

Patentansprüche

1. Verfahren zur Bestimmung von das Fahrverhalten eines vierradrigen Fahrzeugs beschreibenden Größen, wobei einer Recheneinrichtung zumindest Signale von Radsensoren zugeführt werden, welche die Geschwindigkeiten der einzelnen Räder wiedergeben, **dadurch gekennzeichnet**, daß zur Berechnung von Querschleunigung und/oder Gierwinkelgeschwindigkeit jeweils die Radgeschwindigkeiten von je einem auf der linken Fahrzeugseite und einem auf der rechten Fahrzeugseite angeordneten Rad herangezogen werden, wobei die Räder danach ausgewählt werden, daß sie keinen über einem Schwellenwert liegenden Schlupf aufweisen.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß als zusätzliches Auswahlkriterium der Räder die Funktionstüchtigkeit der Radsensoren herangezogen wird.
3. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Funktionstüchtigkeit der Radsensoren über Fehlerflags überprüft wird, die von einem Regler eines Antiblockiersystems bei Defekt eines Radsensors gesetzt werden.
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß für den Fall, daß zu einem Zeitpunkt keine zwei Räder die Auswahlkriterien erfüllen, eine Extrapolation der fehlenden Radgeschwindigkeit bzw. -geschwindigkeiten aus zuvor gemessenen Radgeschwindigkeiten vorgenommen wird.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß für den Fall, daß zu einem Zeitpunkt keine zwei Räder die Auswahlkriterien erfüllen, die zuletzt ermittelten Radgeschwindigkeiten als konstant angenommen werden.

BEST AVAILABLE COPY